

**PENGARUH TEMPERATUR KARBONASI PADA PEMBENTUKAN  
PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE**

Navesar Jamarun, Rahmadanis dan Syukri Arief  
Laboratorium Anorganik, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Andalas, Padang

**ABSTRACT**

Precipitated Calcium Carbonate (PCC) is limestone product that their processing can be prepared by few chemical process steps. Formation of PCC from raw material with carbonation temperature 40 °C has found good chemical composition and physical properties. The result of XRF analysis showed that chemical composition at slaking temperature 40 °C was CaO 55.90 %, SiO<sub>2</sub> 0.00 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.00 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.00 %, MgO 0.00 % and LOI 43.90 %. Physical properties of PCC such as whiteness, brightness, particle size and surface area were 87.6 %, 94.0 %, 3.42 µm and 4.07µm/g respectively. Analysis XRD showed that the crystalline PCC in calcite form with miller index 104 at 2θ with value 29.385°. SEM analysis show crystalline PCC like aragonite.

**PENDAHULUAN**

Batu kapur adalah mineral yang terjadi secara alami dan tersebar luas hampir di seluruh dunia. Komponen terbesar yang terkandung dalam batu kapur adalah kalsium dan karbonat, dimana kedua komponen ini umumnya bergabung membentuk kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Kebanyakan masyarakat dan pengguna batu kapur dengan pengetahuan seadanya hanya mengandalkan pengalaman, menggunakan batu kapur sebagai bahan bangunan. Akan tetapi setelah pengetahuan semakin berkembang, maka pemakaian batu kapur juga meningkat, salah satu yang banyak jadi perhatian sekarang adalah digunakan pada pembuatan *precipitated calcium carbonate (PCC)*<sup>1</sup>.

PCC merupakan batu kapur yang sudah diolah sedemikian rupa sehingga membentuk partikel kecil yang homogen dengan bentuk partikel spesifik sesuai dengan tujuan aplikasinya, seperti untuk bahan dasar kertas, polimer, kosmetik, dan alat-alat kesehatan. Untuk menghasilkan PCC sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan diperlukan kondisi optimum masing-masing tahapan proses seperti jenis batu kapur yang digunakan, temperatur pembakaran batu kapur menjadi kalsium oksida, kemudian CO<sub>2</sub> yang digunakan dan ukuran partikel dari penggilingan batu kapur<sup>2</sup>.

Pembuatan PCC melibatkan berbagai proses dan reaksi kimia seperti proses kalsinasi, proses hidrasi (*slaking*) dan karbonasi. Kondisi dari masing-masing proses seperti temperatur pemanasan, pH dan konsentrasi larutan, kecepatan alir gas CO<sub>2</sub> perlu diatur dan dikontrol untuk menghasilkan PCC kualitas tinggi sehingga sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan<sup>3,4</sup>.

Perbedaan temperatur, konsentrasi dan kecepatan pengadukan akan mempengaruhi ukuran partikel dan luas permukaan CaCO<sub>3</sub> yang dihasilkan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian guna mengetahui pengaruh variasi temperatur, konsentrasi dan kecepatan pengadukan dalam penghasilan PCC yang memenuhi standar.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh temperatur karbonasi dalam proses pembentukan PCC.

**METODOLOGI**

**Alat dan Bahan**

Alat-alat yang digunakan adalah peralatan gelas, termometer, *hot plate magnetic stirrer*, neraca analitis, kertas saring, pompa vakum, pH meter, XRF (*X-ray Fluorescence*), XRD (*X-ray Diffraction*), SEM (*Scanning Electron Microscope*) *Malvern Master Sizer E*, dan *Elrepho 3000*. Bahan yang diperlukan adalah batu kapur, gas CO<sub>2</sub> murni, aquades, asam asetat, FeCl<sub>3</sub> dan MgCl<sub>2</sub>.

**Prosedur Kerja**

*Pengambilan dan analisis komposisi kimia sampel*

Sampel batu kapur diambil dari daerah Tanah Datar, Solok, Payakumbuh dan Pasaman, kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran partikel 150 µm kemudian ditentukan komposisi kimianya dengan menggunakan *X-ray Fluorescence (XRF)*.

*Pengaruh temperatur*

Lima gram sampel batu kapur yang telah dibakar pada suhu 900 °C selama 1 jam (CaO) dilarutkan dalam 1 liter H<sub>2</sub>O dan diaduk dengan kecepatan 600 rpm pada temperatur kamar selama 15 menit dengan variasi konsentrasi 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,0 g/L. Larutan Ca(OH)<sub>2</sub> yang diperoleh setelah penyaringan dialiri gas CO<sub>2</sub> dengan kecepatan 150-200 mL/menit dengan variasi temperatur 30, 40, 50, 60 dan 70 °C dan kecepatan pengadukan 800 rpm. Endapan yang dihasilkan merupakan PCC dan

dianalisis komposisi kintainya dengan XRF dan AAS, ukuran partikel dengan *Malvern Master Sizer* dan *Brightness, Whiteness* dan *Yellowness* dengan *ELREPHO 3000 L, OW SWEDEN*.

**HASIL DAN DISKUSI**

Hasil analisis komposisi kimia *raw material* batu kapur dari beberapa daerah di Sumatera Barat menggunakan XRF ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia batu kapur

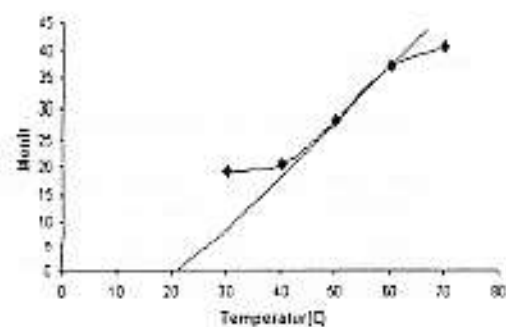
Daerah	%					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	LOI*
Pasaman	3,481	0,714	52,58	0,282	0,418	41,78
Padang Panjang	3,183	0,467	53,06	0,230	0,314	42,05
Lintau Buo	2,751	0,337	53,67	0,161	0,485	42,71
Halaban	2,874	0,452	53,67	0,196	0,427	42,65

\* Loss On Ignition

Tabel 1 memperlihatkan bahwa kandungan CaO batu kapur dari masing-masing daerah tidak jauh berbeda dimana kadar CaO terbesar terdapat pada batu kapur dari daerah Lintau Buo dan Halaban yaitu 53,67 % dan kadar Fe terkecil yaitu 0,161 % untuk daerah Lintau Buo. Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa batu kapur dari keempat daerah tersebut memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan dasar pembentukan PCC<sup>5</sup>.

**Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Waktu Pembentukan PCC**

Hasil analisis pengaruh temperatur karbonasi terhadap waktu pembentukan PCC dapat dilihat pada Gambar 1. Hubungan antara waktu pembentukan PCC dengan temperatur karbonasi yang terdapat pada Gambar 1 menunjukan sifat yang berlawanan dengan kurva temperatur Arrhenius. Berdasarkan kurva Arrhenius laju reaksi akan melonjak tajam pada temperatur optimum.

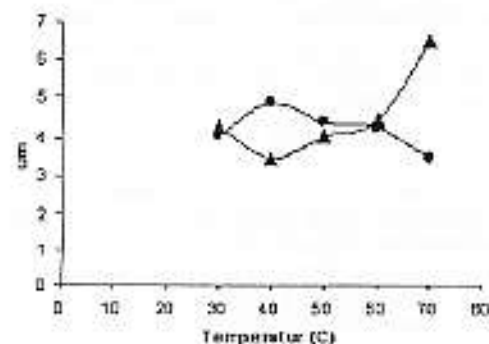


Gambar 1. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap waktu pembentukan PCC.

Sedangkan pada pembentukan PCC, lama waktu reaksi cenderung stabil dan setelah itu melonjak tajam pada temperatur antara 40-60 °C, yang berarti kecepatan reaksi cenderung stabil sampai dicapai temperatur optimum dan setelah itu kecepatan reaksi akan turun secara drastis. Sifat saling berlawanan tersebut disebabkan karena terjadi perubahan mekanisme reaksi Ca(OH)<sub>2</sub> dengan gas CO<sub>2</sub> akibat kenaikan temperatur. Reaksi terjadi secara homogen, sehingga energi aktivasi reaksi akan meningkat<sup>6,7</sup>.

**Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Luas Permukaan dan Ukuran Partikel PCC**

Pengaruh temperatur terhadap luas permukaan dan ukuran partikel PCC yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 kondisi optimum pembentukan PCC adalah 40 °C, dimana pada temperatur tersebut didapat nilai ukuran partikel rata-rata paling rendah sebesar 3,42 µm dengan luas



Gambar 2. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap luas permukaan (■) dan ukuran partikel (▲).

### Pengaruh temperatur

Limas gram sampel batu kapur yang telah dibakar pada suhu 900 °C selama 1 jam (CaO) dilarutkan dalam 1 liter H<sub>2</sub>O dan diaduk dengan kecepatan 600 rpm pada temperatur kamar selama 15 menit dengan variasi konsentrasi 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 dan 2,0 g/L. Larutan Ca(OH)<sub>2</sub> yang diperoleh setelah penyaringan dialiri gas CO<sub>2</sub> dengan kecepatan 150-200 mL/menit dengan variasi temperatur 30, 40, 50, 60 dan 70 °C dan kecepatan pengadukan 800 rpm. Endapan yang dihasilkan merupakan PCC dan

dianalisis komposisi kimianya dengan XRF dan AAS, ukuran partikel dengan *Malvern Master Sizer* dan *Brightness, Whiteness dan Yellowness* dengan *ELREPHO 3000 LOW SWEDEN*.

### HASIL DAN DISKUSI

Hasil analisis komposisi kimia *raw material* batu kapur dari beberapa daerah di Sumatera Barat menggunakan XRF ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia batu kapur

Daerah	%					
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	LOI*
Pasaman	3,481	0,714	52,58	0,282	0,418	41,78
Padang Panjang	3,183	0,467	53,06	0,230	0,314	42,05
Lintau Buo	2,751	0,337	53,67	0,161	0,485	42,71
Halaban	2,874	0,452	53,67	0,196	0,427	42,65

\* Loss On Ignition

Tabel 1 memperlihatkan bahwa kandungan CaO batu kapur dari masing-masing daerah tidak jauh berbeda dimana kadar CaO terbesar terdapat pada batu kapur dari daerah Lintau Buo dan Halaban yaitu 53,67 % dan kadar Fe terkecil yaitu 0,161 % untuk daerah Lintau Buo. Hasil analisis di atas menunjukkan bahwa batu kapur dari keempat daerah tersebut memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai bahan dasar pembentukan PCC<sup>5</sup>.

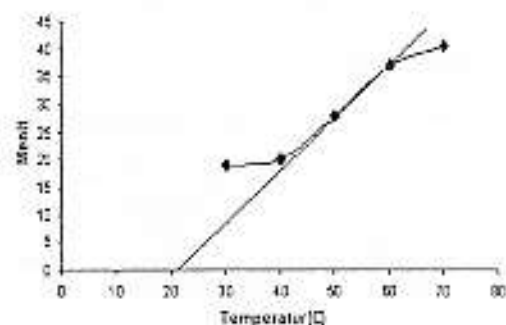
Sedangkan pada pembentukan PCC, lama waktu reaksi cenderung stabil dan setelah itu melonjak tajam pada temperatur antara 40-60 °C, yang berarti kecepatan reaksi cenderung stabil sampai dicapai temperatur optimum dan setelah itu kecepatan reaksi akan turun secara drastis. Sifat saling berlawanan tersebut disebabkan karena terjadi perubahan mekanisme reaksi Ca(OH)<sub>2</sub> dengan gas CO<sub>2</sub> akibat kenaikan temperatur. Reaksi terjadi secara homogen, sehingga energi aktivasi reaksi akan meningkat<sup>6,7</sup>.

### Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Waktu Pembentukan PCC

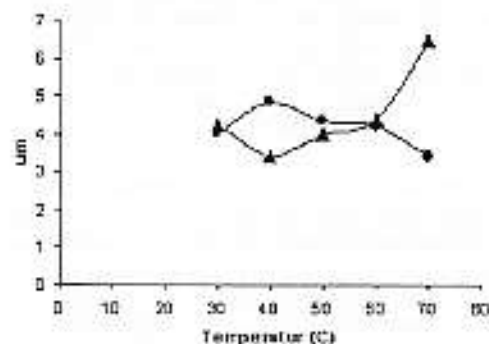
Hasil analisis pengaruh temperatur karbonasi terhadap waktu pembentukan PCC dapat dilihat pada Gambar 1. Hubungan antara waktu pembentukan PCC dengan temperatur karbonasi yang terdapat pada Gambar 1 menunjukan sifat yang berlawanan dengan kurva temperatur Arrhenius. Berdasarkan kurva Arrhenius laju reaksi akan melonjak tajam pada temperatur optimum.

### Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Luas Permukaan dan Ukuran Partikel PCC

Pengaruh temperatur terhadap luas permukaan dan ukuran partikel PCC yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 kondisi optimum pembentukan PCC adalah 40 °C, dimana pada temperatur tersebut didapat nilai ukuran partikel rata-rata paling rendah sebesar 3,42 µm dengan luas



Gambar 1. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap waktu pembentukan PCC.



Gambar 2. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap luas permukaan (□) dan ukuran partikel (▲).

permukaan spesifik 4,0698  $\mu\text{m}^2/\text{g}$ . Ukuran dan luas permukaan partikel yang terbentuk dalam suatu proses reaksi sangat ditentukan oleh gaya agregasi partikel dan keseimbangan pembentukan inti partikel dan pertumbuhannya<sup>8</sup>.

Pada temperatur tersebut, fraksi tumbukan antar partikel tidak terlalu besar sehingga tidak terbentuk spot-spot panas pada permukaan partikel yang menyebabkan peningkatan gaya afinitas partikel untuk beraglomerasi. Aglomerasi disamping merubah ukuran partikel, juga menyebabkan terbentuknya partikel-partikel heterogen (polidispersi), dimana polidispersi ini menyebabkan kehomogenan ukuran partikel menjadi rendah.

#### Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Kehomogenan Partikel PCC

Pengaruh temperatur terhadap kehomogenan partikel PCC yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3. Disamping kehomogenan partikel, temperatur karbonasi optimum juga dapat mengurangi terbentuknya partikel dengan ukuran  $< 2 \mu\text{m}$ , dimana partikel yang berukuran  $< 2 \mu\text{m}$  ini tidak diharapkan terbentuk apabila PCC dipergunakan sebagai bahan pengisi kertas. Hal ini disebabkan PCC dengan ukuran  $< 2 \mu\text{m}$  tidak bisa teradsorpsi sempurna oleh serat dikarenakan ukuran pori-pori serat lebih besar dari partikel PCC<sup>9</sup>.

Ukuran dan kehomogenan partikel berpengaruh terhadap sifat optik partikel tersebut. Partikel dengan ukuran lebih kecil atau mempunyai luas permukaan besar dan kehomogenan tinggi mempunyai nilai hamburan cahaya lebih bagus (*good light scattering effect*).

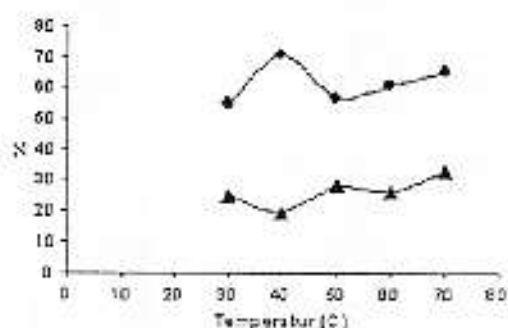
#### Pengaruh Temperatur Karbonasi terhadap Brightness dan Whiteness PCC

Pengaruh temperatur terhadap *brightness* dan *whiteness* PCC ditunjukkan pada Gambar 4, disamping ukuran dan kehomogenan partikel, faktor lain seperti bentuk partikel, derajat aglomerasi partikel, perbedaan refraktif indeks antara partikel dan medium pendispersi dan kehalusan permukaan juga mempengaruhi nilai hamburan cahaya partikel<sup>10</sup>.

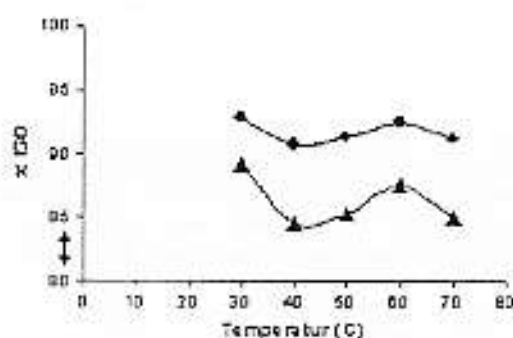
#### Analisis PCC

Hasil analisis kandungan PCC yang dihasilkan pada temperatur karbonasi optimum ditunjukkan pada Tabel 2. Hasil analisis PCC yang diperoleh pada temperatur karbonasi optimum diperoleh tingkat kemurnian yang memenuhi standar yang ditentukan. Dimana PCC yang dihasilkan mengandung CaO

sebesar 55,9 %, tanpa ditemukan oksida pengganggu di dalam PCC tersebut.



Gambar 3. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap kehomogenan ukuran partikel (\*) dan ukuran partikel kecil dari  $2 \mu\text{m}$  (▲).



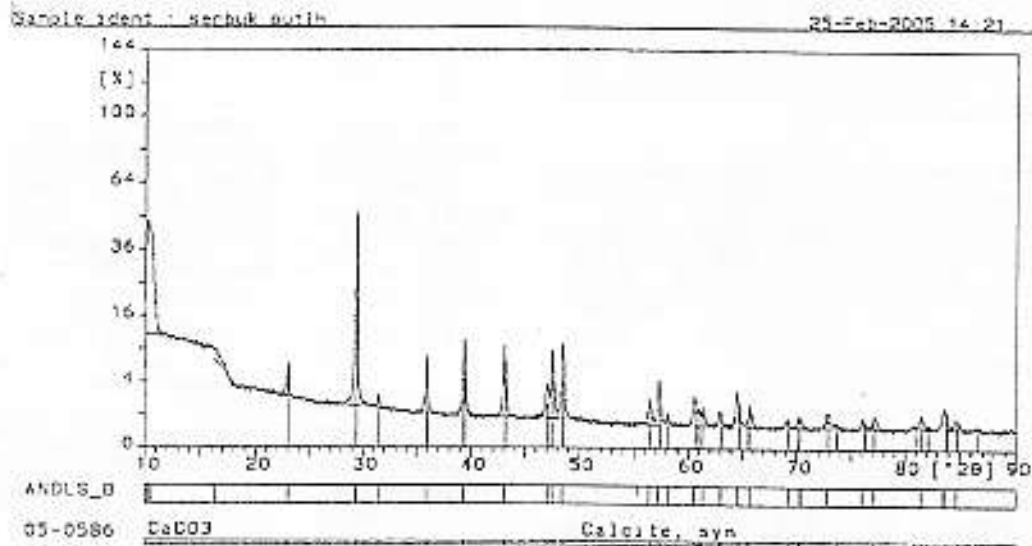
Gambar 4. Pengaruh temperatur karbonasi terhadap *brightness* (\*) dan *whiteness* PCC (▲).

Tabel 2. Kandungan PCC pada kondisi optimum

Senyawa Kimia	Batu Kapur (%)	PCC (%)
SiO <sub>2</sub>	3,481	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,714	0
CaO	52,58	55,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,282	0
MgO	0,418	0
LOI	41,78	43,9

#### Bentuk Kristal PCC pada Kondisi Optimum Ukuran Partikel

Hasil analisis XRD PCC pada ukuran partikel bahan baku 90  $\mu\text{m}$  ditunjukkan pada Gambar 5. Berdasarkan pola difraksi pada Gambar 5 disimpulkan bahwa bentuk kristal PCC yang dihasilkan berupa kalsit yang ditunjukkan oleh satu puncak tajam dengan intensitas yang relatif tinggi pada sudut difraksi (2 $\theta$ ) 29,380° dengan indeks miller 104.

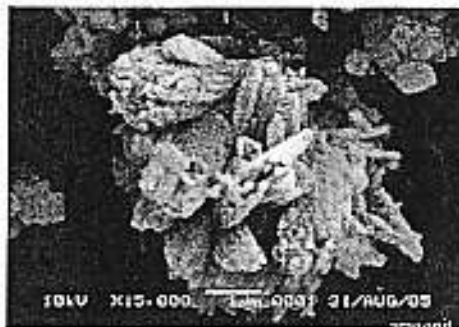


Gambar 5. Pola XRD PCC.

Hal ini juga ditunjang dengan diperolehnya puncak dengan intensitas yang lebih rendah pada sudut difraksi yang lebih tinggi. Puncak yang muncul pada sudut difraksi yang lebih tinggi dengan intensitas yang rendah memperkuat bentuk kristal kalsit pada PCC. Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) memiliki tiga bentuk kristal yaitu kalsit, aragonit dan vaterit. Masing-masing bentuk kristal memiliki indeks miller yang berbeda dimana pada kalsit 104 pada  $2\theta$  29,5°, aragonit 221 pada  $2\theta$  dengan nilai 47° dan vaterit 110 pada  $2\theta$  dengan nilai 25°<sup>11</sup>.

#### SEM PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*)

Hasil pengukuran SEM pada kondisi optimum ditunjukkan pada Gambar 6. Kalsit mempunyai bentuk kristal yaitu *rhombohedral*, *scalenohedral*, *prismatic*, *spherical*, kubus dan *aragonit* mempunyai bentuk kristal *cluster* dan *discrete needle-like* sedangkan vaterit tidak stabil secara fisika sehingga



Gambar 6. SEM PCC dengan raw material Halaban.

akan selalu berubah menjadi bentuk kalsit atau aragonit. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa kristal adalah berbentuk kalsit aragonit.

#### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa temperatur karbonasi mempengaruhi luas permukaan, kehomogenan ukuran partikel, *brightness* dan *whiteness*. Temperatur optimum diperoleh pada 40-60 °C, dengan kecenderungan peningkatan kehomogenan ukuran partikel dan ukuran partikel rata-rata berdasarkan kenaikan temperatur.

#### DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. O. Bowles, *Limestone and Dolomite*. Bureau of Mines, I. C. California 253 (1965).
2. T. Oates, *Lime and Limestone*. in Ullmans Encyclopedia of Industrial Chemistry (ed. Barbara Elvers, et al.) Vol. A 15, Germany. 247-261 (1990).
3. W. J. Ahn, H. S. Yoon, J. S. Kim, G. W. Sung, *J. Ceramics Processing Research*, 3:(2) 62-65 (2002).
4. N. Iamarun, L. E. Putri, A. Alif, Pengaruh ukuran partikel bahan baku batu kapur terhadap karakteristik *precipitated calcium carbonate* melalui metoda karbonasi, *J. Matematika dan Pengetahuan Alam (Jumpa)*, Univ. Andalas, 14:(1) (2005).



5. N. Jamarun, Zulhajri, Pembentukan *precipitate calcium carbonate* dengan metoda karbonasi, Seminar Nasional TPSDP, Jakarta 30 Maret-1 April 2006.
6. K. Misra, Mahendra, *J. Biomass and Bioenergi*, 4:(2) 103-116 (1993).
7. Burri, Peter, *Pigment Concepts for Improved Paper and Print Property*, ATIP Conference, Bordeaux (2003).
8. A. Halim, *Teknologi Partikel*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang, hal 1-21(1991).
9. J. H. Poetgieter, S. S Poetgieter, De waal D *An Empirical study of Factors Influencing Lime slaking Part II: lime Constituents and Water Composition*, vol 29 (2003) Available: <http://wrc.org.za>
10. Costello, T Michael, *Study of Surface Films of Amorphous and Crystalline Calcium Carbonate by XPS and AES*, STLE 2004 Meeting, Toronto, USA (2004).
11. Christos, G. Kontoyanis and N. V. Vagenas, *Calcium Carbonate Phase Analysis Using XRD and FT Raman Spectroscopy*, The Royal Society of Chemistry, 269-274 (2000).